

*Tendencias Actuales de la Ciencia del Suelo*  
N. Bellinfante & A. Jordán (eds.); Sevilla, 2007  
ISBN 978-84-690-4129-1

## **Relación entre la composición y densidad de la cubierta vegetal leñosa y las características superficiales del suelo en bosques mixtos de *Quercus* del sur de la Península Ibérica**

L.V. GARCÍA<sup>1</sup>, A. POLO<sup>1</sup>, S. MALTEZ-MOURO<sup>2</sup>, E. GUTIÉRREZ<sup>1</sup>, I.M. PÉREZ-RAMOS<sup>1</sup>, A. JORDÁN<sup>3</sup>, L. MARTÍNEZ-ZAVALA<sup>3</sup> & T. MARAÑÓN<sup>1</sup>

1 Departamento de Geoecología, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (CSIC). P.O. Box 1052, E-41080 Sevilla, España.

2 Faculdade de Ciências e Tecnologia (Universidade de Coimbra). 3000 Coimbra, Portugal.

3 Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Facultad de Química (Universidad de Sevilla). C/Profesor García González, 1. CP:41012. Sevilla, España.

### **Resumen**

Se ha estudiado la relación entre las características de la cubierta vegetal leñosa, la acumulación de hojarasca y algunas propiedades del suelo relevantes para el desarrollo de las plantas, en bosques mixtos de *Quercus* del sur de la Península Ibérica; Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, Portugal (*Q. suber* y *Q. faginea*) y P.N. Los Alcornocales, España (*Q. suber* y *Q. canariensis*). También se ha cuantificado la acumulación de hojarasca (espesor, recubrimiento y/o peso seco) y los cambios asociados en la composición del horizonte superficial del suelo y el índice de área foliar (LAI) en varias decenas de micrositios, donde se ha estudiado la ecología de la regeneración vegetal, distribuidos a lo largo de gradientes de densidad de la cubierta vegetal leñosa.

En todos los casos se encontró una relación muy significativa entre la acumulación de hojarasca (recubrimiento del suelo, espesor, peso seco de hojarasca acumulada por unidad de superficie) y la densidad de la cubierta vegetal leñosa. En general, la máxima correlación ( $r$  próxima a 0,90) entre ambas variables se obtuvo considerando el recubrimiento leñoso total (sumando las contribuciones del estrato arbóreo y arbustivo), si bien en el caso del P.N. español la contribución del estrato arbustivo fue especialmente significativa, mientras que en el del portugués la contribución de *Q. faginea* a la acumulación de hojarasca fue más relevante. Las estrechas relaciones encontradas plantean la posibilidad de establecer ‘funciones de ecotransferencia’ que permitan estimar razonablemente la acumulación de hojarasca y algunas propiedades relacionadas del suelo a partir de distintas medidas/ estimas

rápidas de la densidad de la cubierta vegetal leñosa, previas las oportunas calibraciones.

Por otra parte, destaca la estrecha asociación encontrada entre la densidad de la cubierta leñosa, la intensidad de la radiación incidente en el sotobosque, la acumulación de hojarasca y determinados cambios en características del suelo (como, por ej., los contenidos de N y P asimilable; muy relevantes en estos suelos oligotrofos). Se concluye que, para explicar la respuesta ecológica durante los procesos de regeneración vegetal, es conveniente separar los efectos directos del dosel (por ej. la limitación de luz) de sus efectos indirectos (mediados por la hojarasca y el suelo) en el sotobosque.

## Abstract

We studied the relationships between different estimates of the woody canopy density; different estimates of litter release and accumulation, and different soil properties (mainly soil reaction and macronutrient level) which have been recognised as potentially relevant for plant establishment and development in mixed *Quercus* forest from Natural Park “do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina”, Portugal (with *Q. suber*, *Q. faginea* as dominant tree species) and Natural Park “Los Alcornocales”, Spain (with *Q. suber* and *Q. canariensis*).

We have found 1) A highly significant, quantitative, relationship between litter accumulation and overall canopy density. These relationships can be established either by using objective (but time-consuming) measures (by sampling or using *ad hoc* measuring devices) or by calibrated by-eye estimates of three simultaneous observers; 2) A significant relationship between some soil properties (N, P, ammonium) and both canopy density and litter accumulation. We conclude that these relationships are interesting in two ways: 1) They may allow to establish ‘ecotransfer functions’ for these forests (i.e. estimates or predictions about surface litter accumulation or surface values for soil properties, as organic carbon, N or P contents, by using quick field estimates of canopy density or even remote sensing estimates of canopy density), after suitable calibrations. 2) Since some soil chemical properties with known ecological relevance (e.g. C, N, P contents, soil reaction) in forest regeneration may change in a close relationship with other more studied, better known, ecological factors (light, moisture, temperature), attention should be paid to separate direct (e.g. light limitation) versus indirect (soil or litter mediated) effects of woody canopy when evaluating ecological responses at the understorey, while studying forest regeneration processes.

## Introducción

Una característica relevante del dosel forestal es su capacidad para modular, de forma directa o indirecta, la disponibilidad y la variabilidad de recursos esenciales para los organismos que se asientan debajo de él, desempeñando lo que se ha dado en llamar una actividad de “ingeniero de ecosistemas” (Jones *et al.* 1994, Maltez-Mouro *et al.* 2005, 2005b) que condiciona su propia regeneración. Hasta el

momento se ha avanzado considerablemente en el estudio de los efectos que pueden tener la limitación de agua y/o luz en los juveniles de las especies forestales más extendidas, así como en el conocimiento de en qué medida la variación las características del dosel leñoso pueden afectar a la disponibilidad de ambos recursos en el sotobosque, condicionando la regeneración del bosque (Marañón *et al.* 2004; Pérez-Ramos *et al.* 2006, Quero *et al.* 2006, Sánchez-Gómez *et al.* 2006). Mucho menos conocido es el papel que pueden jugar otros factores de naturaleza multivariable y compleja, como el suelo, en la dinámica y regeneración del bosque mediterráneo. Al igual que para los dos recursos esenciales citados (luz y agua), se admite que la presencia de un bosque establecido modifica las propiedades del sustrato en el que se asienta, con relación al que se produce, en ausencia del mismo, en el mismo contexto abiótico general (latitud/exposición, clima, sustrato geológico, etc.). En particular, los horizontes superficiales del suelo se ven influidos por los aportes vegetales que, a su vez, varían en cantidad y naturaleza en función de la densidad de la cubierta y de las especies vegetales dominantes (Maltez-Mouro *et al.* 2005a, 2005b). Ello contribuye a la diversificación del medio edáfico y la aparición de diferencias entre suelos desarrollados bajo distintos doseles leñosos, las cuales pueden condicionar, de forma diversa, el desarrollo de las plantas del sotobosque (Herrera, 2002; Rossi y Villagra, 2003; Broncano *et al.* 2004; Puerta-Piñero *et al.* 2006).

Una circunstancia que puede dificultar la detección y valoración de estos efectos indirectos del dosel leñoso, mediados por el suelo, en la dinámica del sotobosque, es la covariación de los mismos con otros efectos directos ejercidos sobre recursos esenciales (luz, agua) o factores ambientales (temperatura) de reconocida influencia, fácilmente identificables y medibles (Quero *et al.* 2006; Sánchez-Gómez *et al.* 2006).

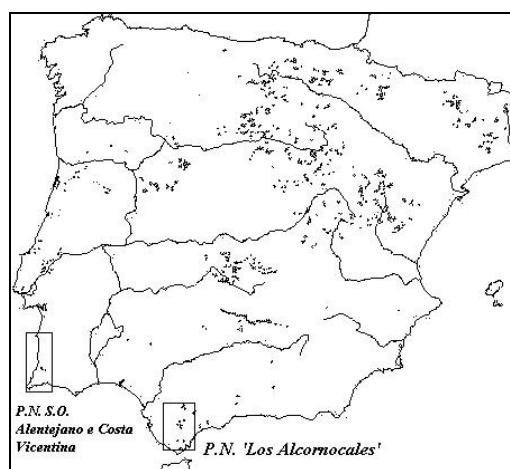


Figura 1. Localización de las zonas de estudio.

El objetivo de este trabajo es efectuar una primera aproximación observacional al contraste de esta hipótesis, a través del estudio de las relaciones entre las características generales de la cubierta leñosa (sobre todo su densidad), la acumulación del principal mediador de la influencia del dosel leñoso en las características superficiales del suelo (hojarasca) y algunas variables edáficas de reconocida importancia para el establecimiento y desarrollo de la vegetación (como el pH y los niveles de materia orgánica, N y P en el horizonte superficial del suelo), en dos bosques mixtos de *Quercus* diferentes localizados en dos zonas protegidas del Sur de España y Portugal: el *Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina*, en Portugal (en lo sucesivo, PNSOACV) y el P. N. *Los Alcornocales*, España (en lo sucesivo, PNA) (figura 1).

## Material y métodos

En la tabla 1 se muestran algunas características generales de los sitios estudiados. En cada sitio se evaluaron 1) parámetros generales de la cubierta vegetal leñosa, como la densidad del estrato arbóreo y arbustivo -tanto mediante estimas de visu (por acuerdo entre tres observadores), como empleando equipos de medida de la densidad del dosel (densímetro esférico a 1 m del suelo ó fotografía hemisférica digital a 0,5m)-; 2) la acumulación de hojarasca ('litter'), tanto de visu (% recubrimiento del suelo), como mediante medidas objetivas (espesor en cm y cosecha exhaustiva del contenido en cuadrados de 30 x 30 cm, desecación y pesada) y 3) algunas características superficiales del suelo, potencialmente influyentes en la regeneración de especies forestales: como la reacción del suelo (pH), contenido de materia orgánica y en algunos nutrientes esenciales (N-amoniacal, N-Kjeldahl y P-Olsen, sin bien sólo estos dos últimos se midieron en los dos sitios estudiados).

Tabla 1. Características generales de los sitios estudiados (m: valor medio y r: rango del parámetro).

	<i>P.N. Los Alcornocales</i>	<i>P.N. Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina</i>
<b>Situación</b>	36° 25' N, 5° 33' W	37° 40' N, 8° 43' W
<b>Altitud</b>	~ 650 m	~ 70 m
<b>Geología</b>	Areniscas, Arcillas, Margas	Grauvaca, Esquistos
<b>Climatología</b>	~ 1000mm, 16°C	~ 650 mm, 15°C
<b>Suelos<sup>1</sup></b>	<i>Leptosoles</i> (lítico, úmbrico) <i>Cambisoles</i> (mólico, gleico) <i>Luvsoles</i> (districo, gleico) <i>Vertisoles</i>	<i>Leptosoles</i> (eutrico, lítico)
<b>Reacción</b>	mod. ácida (m: 5.9; r: 4.9-8.3)	mod. ácida (m: 5.7; r: 5.2-6.6)
<b>Fertilidad</b>	P ppm (m: 3.1; r: 1-15) N % (m: 0.33; r: 0.12-0.75) MO % (m: 9; r: 4-19)	P ppm (m: 3.5; r: 2-6) N % (m: 0.37, r: 0.23-0.43) MO % (m: 12; r: 8-15)
<b>Especies dominantes</b>	<i>Q. canariensis</i> y <i>Q. suber</i>	<i>Q. faginea</i> y <i>Q. suber</i>
<b>Cobertura leñosa<sup>2</sup></b>	m: 49, r: 0-90	m: 85, r: 60-95
<b>Usos / perturbac.</b>	Extracción de corcho (~ 9 años) Rozas, aclareos (hasta 2000 en zona ) Caza Mayor	Extracción de corcho (~ 9 años) No (después de 1956) No (después de 1956)

<sup>1</sup>De acuerdo con Jordán *et al.* (1998)

<sup>2</sup>% suelo cubierto (medida)

Otras características, como la fracción de suelo recubierto por especies herbáceas fueron también evaluadas sobre el terreno. El número total de sitios estudiados fue de 60 en el Parque Natural de los Alcornocales y de 25 en el Parque Natural del S.O. Alentejano e Costa Vicentina. Para el análisis de las muestras de suelo (0-25 cm) se emplearon técnicas estandarizadas, recogidas en Sparks (1996).

## Resultados

En el contexto edáfico de los sitios estudiados, en el que los suelos pueden ser fuertemente ácidos, pobres en bases, hallarse afectados por toxicidad aluminica y muy pobres en P (Tabla 1), es obvio que cualquier aporte que modifique sustancialmente estos parámetros habrá de tener efecto en la evolución del sotobosque, dado que se trata de situaciones fuertemente limitantes del desarrollo vegetal (Lambers, Chapin & Pons 1998). Partiendo de la hipótesis de que la hojarasca es el principal mediador de la influencia del dosel leñoso en el suelo, una primera conclusión es que –en los dos sitios estudiados– la acumulación de hojarasca se relaciona de forma predecible con la densidad de la cubierta vegetal leñosa. Aunque los estudios llevados a cabo en los dos Parques no son totalmente comparables, por no haberse medido (hasta el momento) exactamente los mismos parámetros en ambas zonas, es claro que existen relaciones muy significativas entre los parámetros relacionados (directa o inversamente) con la densidad de la cubierta vegetal (cobertura, LAI, GSF) y aquéllos con la intensidad de acumulación de la hojarasca (% recubrimiento del suelo, espesor, volumen, peso seco por unidad de superficie, etc.) (Fig. 2). Estas relaciones, particularmente las que pueden establecerse entre estimas *de visu* (debidamente protocolizadas y calibradas a escala regional-local) o derivadas de dispositivos de medida rápida, pueden ser muy útiles para estudiar la variabilidad espacial o para evaluar, de forma extensiva, la influencia del bosque en el suelo y así estimar, de forma indirecta, la cantidad de carbono que puede retenerse en la hojarasca acumulada en los horizontes O de bosques mediterráneos, conocida la densidad de la cubierta leñosa que puede llegar a calibrarse y estimarse mediante sensores remotos.

En la Figura 3 se resumen las principales tendencias de variación detectadas en los conjuntos de datos recabados de ambos Parques. El análisis de componentes principales (PCA) acumula en los dos primeros componentes cerca del 50% de la información total analizada, en el caso del PNA, y el 70% de la misma, en el del PNSOACV. En los dos casos, el primer factor (con el 40% y el 53% de la varianza extraída, respectivamente) representa un gradiente combinado de cobertura leñosa, acumulación de hojarasca, contenido de materia orgánica y nutrientes en el suelo e iluminación del sotobosque. Los sitios con elevadas puntuaciones en este factor tienden a presentar las mayores concentraciones de materia orgánica, N y P, elevados contenidos de hojarasca y bajos niveles de iluminación, mientras que los sitios con bajas puntuaciones presentan mayor disponibilidad de luz, pero menor disponibilidad de nutrientes. Existen, no obstante, diferencias de matiz en la interpretación de este primer factor en ambos Parques. En el PNA, parece especialmente importante la contribución del estrato arbustivo a la definición del gradiente principal, ligado a la acumulación de hojarasca, mientras que en el caso

del PNSOCV parece especialmente decisiva la contribución de la especie arbórea caducifolia dominante (*Q. faginea*). Por el contrario, en el caso del PNA la importancia del quejigo en el dosel no se asocia de forma específica a este gradiente principal.

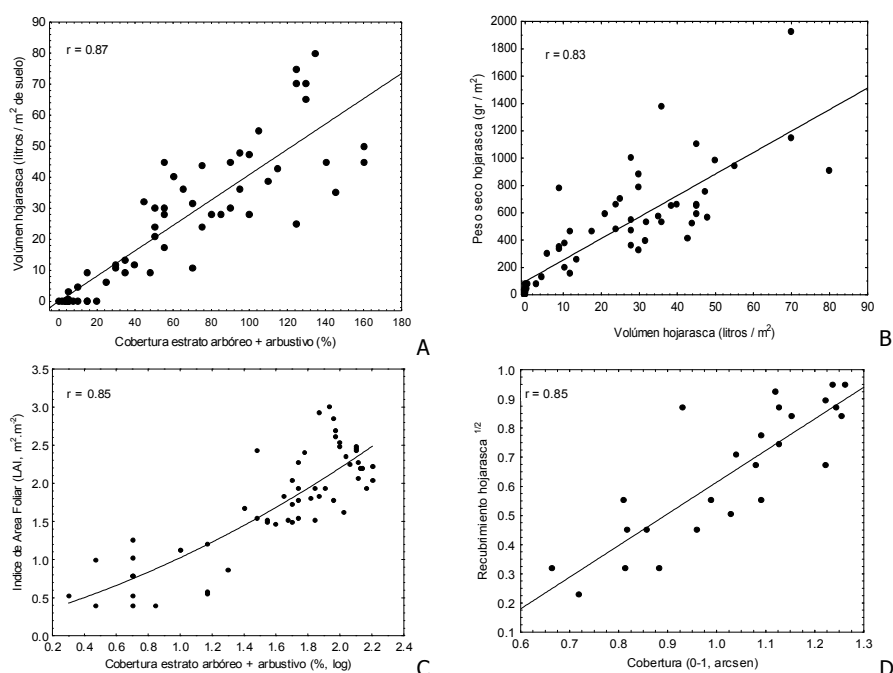


Figura 2. Relación entre la densidad de la cubierta vegetal leñosa con la acumulación de hojarasca (A y D), y con el índice de área foliar estimado (C); y entre el volumen y peso de hojarasca (B). Las figuras A-C corresponden a datos del P.N. Alcornocales y la figura D al PN S.O. Alentejano y Costa Vicentina.

En lo que respecta a la segunda tendencia principal de variación de las propiedades estudiadas, se trata –en ambos casos– de un gradiente de acidez asociado al menos a una de las especies arbóreas dominantes. En el caso del PNA la especie caducifolia dominante (*Q. canariensis*) se asocia de forma muy estrecha a un incremento en el pH en el horizonte superficial del suelo, mientras que los suelos que subyacen bajo la especie perennifolia (*Q. suber*) tienden a ser más ácidos. En el caso del PNSACV la relación de las especies arbóreas dominantes con el gradiente de acidez superficial es menos intensa. La abundancia de la especie caducifolia (*Q. faginea*) no parece guardar una relación reseñable con el pH del suelo, mientras que la perennifolia (*Q. suber*) está asociada a los suelos superficialmente menos ácidos (que, nótese sin embargo en la Tabla 1, tienden a ser globalmente algo más ácidos que los del PNA).

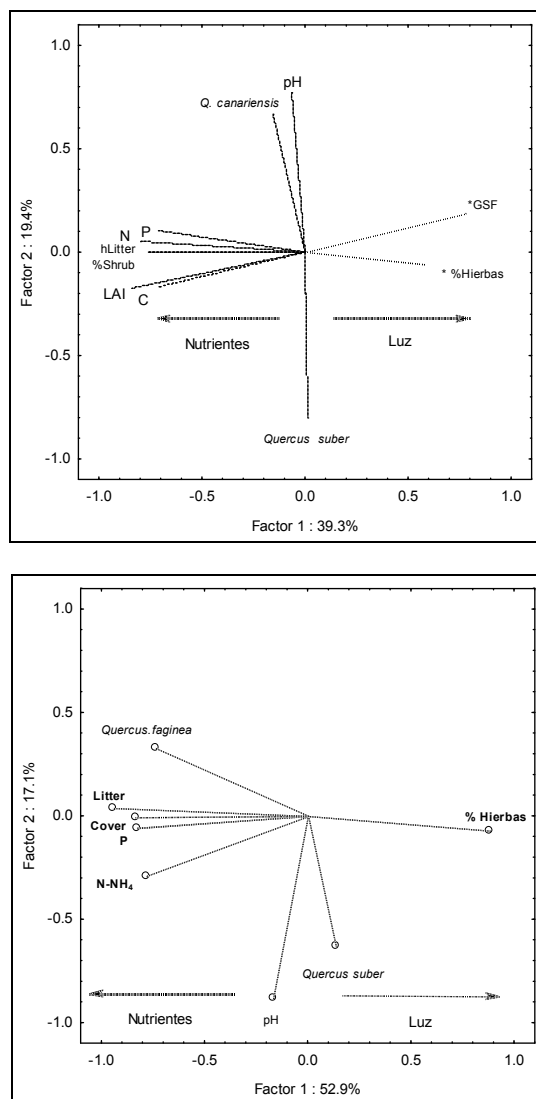


Figura 3. Resultados del análisis de componentes principales llevado a cabo con 8 variables del bosque, medidas en el PN los Alcornocales (gráfica de arriba) y en el PN S.O. Alentejano & C. Vicentina (abajo). Las variables marcadas con asterisco son suplementarias. Las abreviaturas corresponden a: Cover= cobertura leñosa global, %Shrub = densidad del estrato arbustivo (<3m), GSF=intensidad de luz a 1m/intensidad luz sobre el dosel, LAI= índice de área foliar (GSF y LAI fueron estimadas a partir de fotos hemisféricas del dosel), hLitter= espesor de *litter*, % Hierbas = porcentaje del suelo cubierto por vegetación herbácea.

## Conclusiones

- En los dos bosque estudiados hemos encontrado una relación estrecha y cuantitativa entre la densidad de la cubierta vegetal leñosa y la acumulación de hojarasca, así como entre esta última y la acumulación de nutrientes limitantes del desarrollo vegetal (N y P).
- Estas relaciones pueden permitir, por un lado, el establecimiento de funciones de 'ecotransferencia' para estos bosques que permitan, tras la adecuada calibración, efectuar estimas o predicciones de la cantidad de hojarasca acumulada en el suelo y de los valores de propiedades del suelo estrechamente asociadas a dicha acumulación, mediante el uso de estimas rápidas de campo de la densidad de la cubierta leñosa o, incluso, a partir de estimas de la misma efectuadas mediante sensores remotos.
- Por otro lado, dado que ciertos parámetros del suelo potencialmente relevantes para el desarrollo de las plantas (como nutrientes limitantes, materia orgánica o reacción del suelo) pueden covariar de forma estrecha con los niveles de otros factores críticos (como la disponibilidad de luz o agua, o la temperatura) que también dependen de la densidad del dosel leñoso, es importante prestar atención y, en su caso, separar los efectos directos de aquél (normalmente los más estudiados) de los posibles efectos indirectos (mediados por el suelo y la hojarasca) durante el estudio de los procesos de regeneración que ocurren a nivel del sotobosque.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la CICYT de España, a través del proyecto DINAMED (CGL2005-05830-C03-01-BOS), y de la FCT de Portugal a Sara Maltez-Mouro (SFRH/BD/8322/2002).

## Referencias

- Broncano, M.J., Riba, M., & Retana, J. (2004) Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (*Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach. *Plant Ecology* 138:17 - 26
- Herrera, C.M. (2002) Topsoil properties and seedling recruitment in *Lavandula latifolia*: stage-dependence and spatial decoupling of influential parameters. *Oikos* 97:260-270.
- Jordán, A., Ruiz, A., Gómez, A., & Limón, I.F. (1998). Principales tipos de suelos asociados al bosque de *Quercus* sp. y brezal en el Parque Natural Los Alcornocales (Cádiz, Málaga). *Almoraima* 19: 231-240.
- Jones, C.G.; Lawton, J.H.; Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373-386.



- Lambers, H., Chapin, F.S., & Pons, T.L. (1998) Plant physiological ecology. Springer. New York.
- Maltez-Mouro, S., García, L.V., Marañón, T., & Freitas, H. (2005). The combined role of topography and overstorey tree composition in promoting edaphic and floristic variation in a Mediterranean forest. *Ecological Research* 20:668–677
- Maltez-Mouro, S., García, L.V., Marañón, T., & Freitas, H. (2005b). Understorey floristic heterogeneity within a Mediterranean oak forest: how much is explained by edaphic, spatial and overstorey components?. *Rev. Biol. (Lisboa)* 23.
- Marañón, T., Zamora, R., Villar, R., Zavala, M.A., Quero, J.L., Pérez-Ramos, I., Mendoza, I., & Castro, J. (2004). Regeneration of tree species and restoration under contrasted Mediterranean habitats: field and glasshouse experiments. *Int. J. Ecol. Envir. Sci.* 30:187-196.
- Pérez-Ramos, I.M., Urbieto, I.R., Zavala, M.A., & Marañón, T. (2006). Regeneration ecology of *Quercus suber* (cork oak) in Southern Spain. In: *Suberwood: new challenges for integration of cork oak forests and products*, Vázquez, J. (ed.). Universidad de Huelva, Huelva, Spain (en prensa).
- Puerta-Piñero, C., Gómez, J.M., & Zamora, R. (2006). Species-specific effects on topsoil development affect *Quercus ilex* seedling performance. *Acta Oecol.* 29: 65–71
- Sánchez-Gómez, D., Valladares, F., & Zavala, M.A. (2006). Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. *New Phytol.* 170:795-806.
- Quero J. L., Villar, R., Marañón, T., & Zamora, R. (2006). Interactions of drought and shade effects on seedlings of four *Quercus* species: physiological and structural leaf responses. *New Phytol.* 170:819-834.
- Rossi, B.E., & Villagra, P.E. (2003). Effects of *Prosopis flexuosa* on soil properties and the spatial pattern of understorey species in Arid Argentina. *J. Veg. Sci.* 14:543-550.
- Sparks, D.L. (ed.) (1996). *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America. Madison.